

Imp. n° 21763

MET.: ALL. BIOMETANO SOC.AGR.BMZ

DN 100 (4") –75 bar

NEL COMUNE DI VILLA BARTOLOMEA (VR)

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA

0	Mag. '25	Emissione per Autorizzazione Unica 327	Gramigna	Gualtieri	Barci
Indice	Data	Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Cliente:		Progettista:	Comm. Prog.:	4307/19	
				Comm. Snam:	NQ/R24344
				Tavola:	RE-GEO-001

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE	5
3.1. <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	<i>6</i>
3.2. <i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i>	<i>7</i>
3.3. <i>IDROGRAFIA</i>	<i>8</i>
3.4. <i>IDROGEOLOGIA</i>	<i>11</i>
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO	12
5. SISMICITÀ DELL'AREA	16
5.1. <i>INQUADRAMENTO SISMICO</i>	<i>16</i>
5.2. <i>MAGNITUDO ATTESA</i>	<i>18</i>
6. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	19
7. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE CON METODO SEMPLIFICATO	26
8. EFFETTI SISMOINDOTTI	28
8.1. <i>GENERALITÀ</i>	<i>28</i>
8.2. <i>SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO</i>	<i>28</i>
9. CONSIDERAZIONI TECNICHE E CONCLUSIONI	34

ANNESI:

- **RE-GEO-002 – RELAZIONE SULLE INDAGINI**

1. PREMESSA

Il presente studio geologico è stato redatto come parte integrante del progetto relativo alla realizzazione di un impianto di connessione, costituito dal complesso di tubazioni e dispositivi di sicurezza, che permetterà la raccolta e l'immissione nella rete di trasporto del gas naturale della SNAM Rete Gas S.p.A. del combustibile ottenuto dalla purificazione del biogas di matrice vegetale/reflua ovvero derivante dalle attività agricole/zootecniche.

La nuova infrastruttura energetica sarà realizzata in conformità ai criteri di sicurezza contenuti nel D.M. dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Interno del 17.04.2008 *“Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0,8”*, e produrrà innegabili benefici di carattere ambientale (riduzione delle emissioni nocive in atmosfera) ed economici (riduzione dei costi di smaltimento dei rifiuti nonché la loro valorizzazione).

Nella fattispecie, l'opera in progetto prevede sostanzialmente la costruzione di una nuova area impiantistica che sarà connessa alla rete esistente attraverso il metanodotto denominato *“Allacciamento Biometano Soc. Agr. BMZ DN 100 (4”) - 75 bar”*, che si innesterà al gasdotto esistente denominato *“Castagnaro-Bergantino DN 750 (30”) - 70 bar”* tramite *tapping machine*.

La nuova area impiantistica sarà realizzata in corrispondenza del mappale n°359 del foglio di mappa n°54 del comune di Villa Bartolomea (VR). Detta area in progetto, occuperà una superficie di circa 272 m²; quest'ultima sarà opportunamente delimitata da una recinzione in pannelli di grigliato metallico zincato, alti circa 2,50 m, fissati tramite piantane di acciaio su cordoli in cls. L'area impiantistica verrà pavimentata con betonelle drenanti. All'interno dell'area impiantistica è prevista la realizzazione di un Punto di consegna (PC) nonché l'installazione di un prefabbricato identificato sugli elaborati progettuali con la sigla “tipo B5”. L'edificio prefabbricato monopiano con pianta rettangolare e dimensioni di 5,45 m x 2,95 m circa, ad uso telecomando e telemisure, avrà lo scopo di contenere apparecchiature per il controllo della qualità del gas immesso nella rete.

La nuova condotta, in uscita dalla suddetta area impiantistica, attraverserà lo Scolo Lazise e la strada adiacente mediante spingitubo e dopo una curva a 90° proseguirà in parallelo per circa 1070 m, dopodiché curverà a 75° e riattraverserà sia la strada che lo scolo sempre con spingitubo. In entrambi gli attraversamenti verrà utilizzato un tubo di protezione DN 200(8”) lungo 24,00 m ciascuno. Percorrerà poi la condotta esistente denominata *“Castagnaro- Bergantino, DN 750 (30”) - 70 bar”* fino alla particella n°8 del foglio di mappa n°42 del comune di Villa Bartolomea

(VR), dove verrà realizzato un Punto di Intercettazione di Derivazione Semplice (PIDS) e la condotta in progetto terminerà il percorso ricollegandosi mediante collegamento in Tapping-Machine al metanodotto in esercizio denominato “*Castagnaro- Bergantino, DN 750 (30") - 70 bar*”.

L'accessibilità all'area d'impianto PIDS sarà garantita tramite la realizzazione di una strada di accesso con derivazione dalla strada esistente via Casara.

L'accesso all'area destinata al Punto di Consegna Biometano avverrà direttamente dall'accesso della società agricola BMZ.

Maggiori dettagli si potranno evincere dagli elaborati allegati a corredo della presente.

In riferimento a quest'ultima struttura in c.a., allo scopo di verificare le caratteristiche litologiche del sottosuolo e le caratteristiche idrologiche e morfologiche dell'areale di intervento, è stato approntato uno studio geologico - tecnico i cui risultati sono stati riportati nella seguente relazione. Nello specifico, lo studio condotto, è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerche bibliografiche e cartografiche;
- Analisi aerofotogrammetrica da foto aeree;
- Rilevamento geologico e geomorfologico;
- Interpretazione indagini pregresse;
- Esecuzione di indagini dirette ed indirette nel sito in esame.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'opera in progetto ricade completamente nel territorio comunale di Villa Bartolomea (VR) in un'area agricola, a sud-ovest del centro abitato.

Dal punto di vista cartografico l'area è individuabile nel foglio 167090 “Badia Polesine” della Carta Tecnica della Regione Veneto, scala 1:10.000, mentre i fondi interessati sono censiti catastalmente nel foglio 54, mappali 359, 358, 29 e 349, foglio 50 mappali 35, 387, 153, 152, 151 e 32, foglio 49 mappale 90 e foglio 42 mappali 16, 8, 67 e 66 del Comune di Villa Bartolomea (VR).

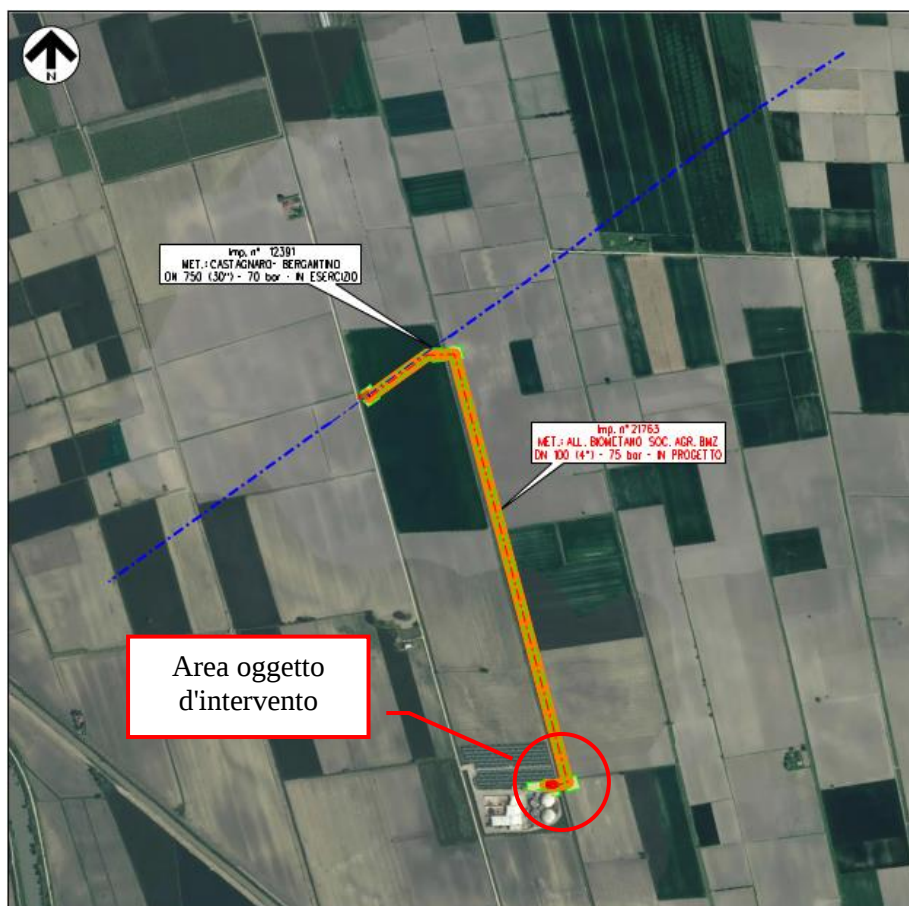


Figura 2.1 - Ubicazione area d'intervento su ortofoto (in blu il metanodotto in esercizio, in rosso il nuovo metanodotto in progetto, in arancio la nuova area impiantistica in progetto).

Gli interventi in progetto ricadono in aree inquadrare dallo strumento urbanistico vigente come:

- Zona E1 - AMBITI DI TERRITORIO AGRICOLO INTEGRO;
- Zona D4 - AGROINDUSTRIALE DI COMPLETAMENTO (tratto finale del metanodotto in area della società agricola BMZ);
- Fasce di rispetto gasdotti e metanodotti;
- Fascia di rispetto idrografica.

Dal punto di viste geologico, idrogeologico e sismico l'area in oggetto è inquadrata come:

- Compatibilità geologica – Area idonea a condizione.

Dal punto di vista vincolistico siamo in prossimità di:

- Pericolosità L (scenario raro) dell'ambito del Reticolo Principale (RP) del PGRA del Distretto Idrografico del Fiume Po;
- Area idonea a condizione (Carta fragilità PATI).

3. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Da un punto di vista morfologico, il territorio comunale di Villa Bartolomea (VR) rientra nel settore centro-orientale della Pianura Padana che rappresenta una delle principali unità morfologiche della penisola italiana.

Dal punto di vista geologico, la Pianura Padana corrisponde ad un grande bacino di sedimentazione, caratterizzato da una successione di depositi marini, deltizi, palustri ed alluvionali quaternari.

L'origine, e l'imponente spessore di tali depositi, è legato al fenomeno di sedimentazione con subsidenza, avvenuta nelle avanfosse alpina e appenninica della Pianura Padana.

Durante il Pliocene, e parte del Pleistocene, tale area corrispondeva ad un ampio golfo occupato da acque marine e caratterizzato da un profilo asimmetrico, con inclinazione del lato settentrionale minore del lato meridionale.

Solo successivamente al lento sollevamento orogenetico dell'area montuosa, e all'insorgere di processi erosivi, ebbero origine quei detriti che, trasportati verso il bacino subsidente, lo colmarono fino alla sua attuale configurazione.

I depositi superficiali della Pianura Padana sono costituiti prevalentemente da sedimenti continentali del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene: fluviali nella massima parte, glaciali e fluvioglaciali nella parte prealpina, deltizi lungo la linea di costa.

A causa della pluralità degli ambienti deposizionali, in successione spaziale e temporale, la formazione di tali depositi è caratterizzata da una alternanza di strati sabbiosi, talora ghiaiosi, con strati limoso-argillosi variamente ondulati.

Inoltre nei singoli livelli si riscontrano frequentemente variazioni laterali di facies, e quindi di permeabilità, che talora portano ad una vera e propria lenticolarità.

Nel territorio del Comune Villa Bartolomea le unità geologiche affioranti sono esclusivamente di ambiente continentale e costituite da alluvioni di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene (Quaternario) depositate ad opera dei principali fiumi Po e Adige (Fig. 3.1.1), e caratterizzate da materiali a granulometria prevalentemente fine, di natura limosa-argillosa alternati a livelli sabbiosi. L'origine, e l'imponente spessore di tali depositi, sono legati al fenomeno di sedimentazione con subsidenza, avvenuta nelle avanfosse alpina e appenninica della Pianura Padana. Alla base di questi depositi quaternari troviamo formazioni pre-plioceniche di natura carbonatica.

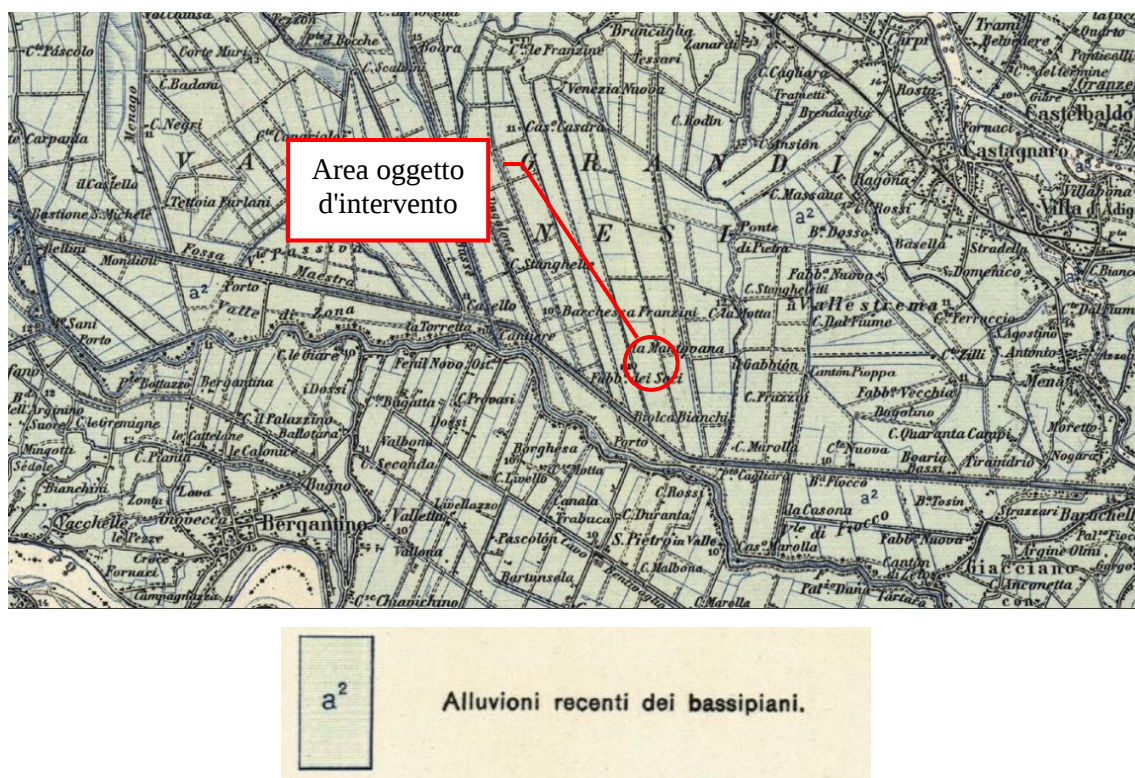


Figura 3.1.1: Stralcio della Carta geologica delle Tre Venezie F.63 “Legnago” in scala 1:100.000 con ubicazione dell’area oggetto d’intervento (cerchio rosso).

3.2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Villa Bartolomea rientra nel sistema della bassa pianura alluvionale padana: si presenta degradante da nord verso sud, con quote massime in corrispondenza del rilevato arginale (22-24 m slm) lungo il corso dell’Adige, sino alla zona di bonifica delle Grandi Valli Veronesi (a sud) dove troviamo le quote più basse di 7-8 m slm.

Presenta un aspetto pianeggiante, con caratteristiche di valle di bonifica nella parte a sud, risultando quindi composto da due unità, distinte principalmente da criteri altimetrici:

- un’area antistante il fiume Adige più rilevata rispetto al rimanente territorio con morfologia sub pianeggiante e localmente depressa (con quote variabili da 13-10 m slm.);
- un’area di bonifica delle Grandi Valli Veronesi con morfologia depressa rispetto al paesaggio circostante e con affossature o rilievi per costipazione differenziale dei sedimenti (con quote anche inferiori a 7 m slm).

Il confine tra le due unità si trova localizzato lungo l’antico argine di bonifica il cosiddetto “Argine della Valle”, definito da una scarpata inferiore a 2 m.

L'area di bonifica delle Grandi Valli Veronesi, a sud dell'Argine della Valle, che in passato costituiva un'area ad alto rischio di esondabilità e scarso drenaggio, si presenta oggi come una piana con minimi gradienti di pendenza spesso ad orientamento incerto.

Nel territorio comunale esistono ancora le tracce morfologiche (paleoalvei) di quando i corsi d'acqua, prima delle arginature artificiali, potevano scorrere liberamente, modificando frequentemente i propri percorsi.

I "*paleoalvei*" (cioè antichi alvei abbandonati) essendo spesso rilevati sul piano campagna, hanno costituito le vie preferenziali lungo le quali si sono poi sviluppati gli insediamenti urbani, ed i percorsi stradali.

Le tracce fluviali sono distribuite in maniera omogenea su tutto il territorio comunale con larghezze variabili tra alcune decine e alcune centinaia di metri, e carattere superficiale, ovvero sono poco profonde,

La direzione dei loro tracciati conferma un deflusso generale delle acque simile all'attuale.

Nella fattispecie, il sito oggetto di intervento è contraddistinto da una morfologia prettamente pianeggiante, con una quota altimetrica pari a circa 10 m slm.

3.3. IDROGRAFIA

L'area in studio rientra nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, in particolare si trova nel bacino denominato "*Fissero-Tartaro-Canalbianco*" (Fig. 3.3.1).

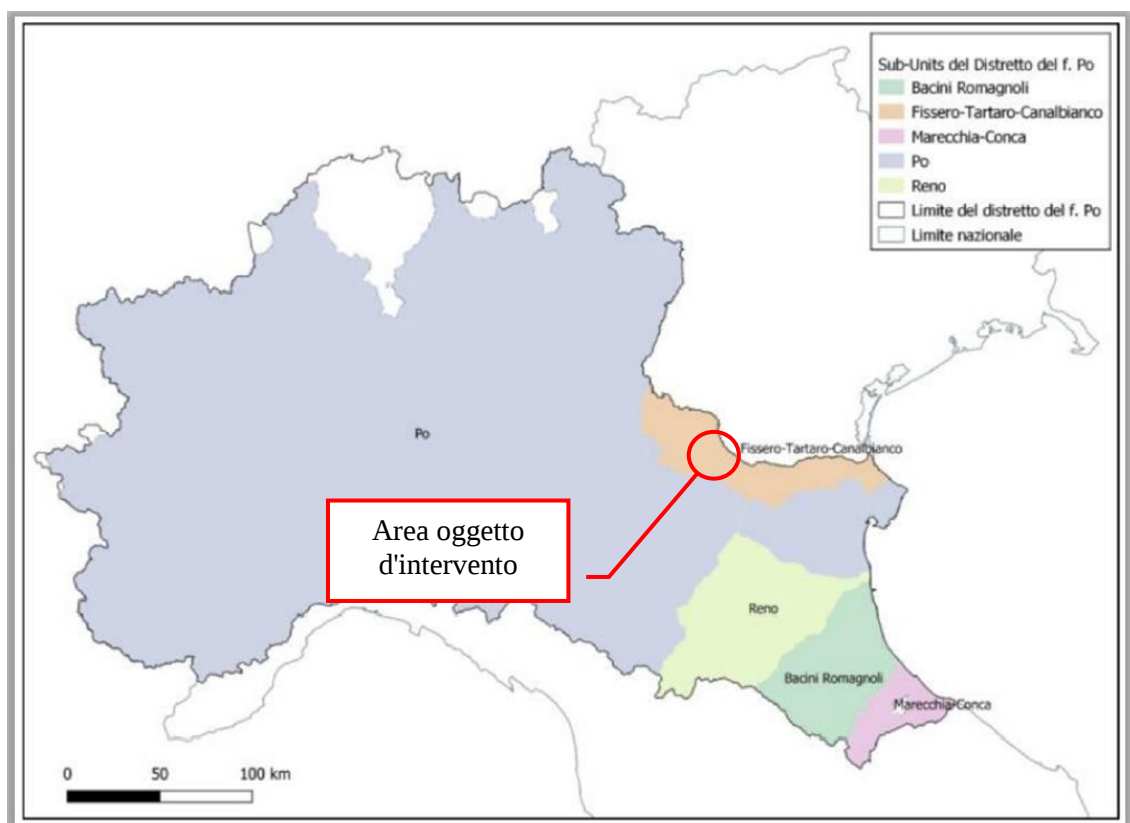


Figura 3.3.1: Territorio di competenza dell’Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (in rosso: area d’intervento).

Il Bacino idrografico “*Fissero-Tartaro-Canalbianco*” si estende in un territorio compreso tra le regioni Lombardia (provincia di Mantova per circa il 10%) e Veneto (province di Verona e Rovigo), sommariamente circoscritto dal corso del fiume Adige a nord e dal fiume Po a sud, e ricompreso tra l’area di Mantova ad ovest ed il mare Adriatico ad est.

Il bacino idrografico è attraversato da ovest ad est dal corso d’acqua denominato “*Tartaro-Canalbianco-Po di Levante*”, con una estensione complessiva di circa 2.885 km².

La rete idrografica del bacino risulta in gran parte costituita da corsi d’acqua artificiali e solo in misura minore da alvei naturali (Tione, Tartaro, Menago, ecc.).

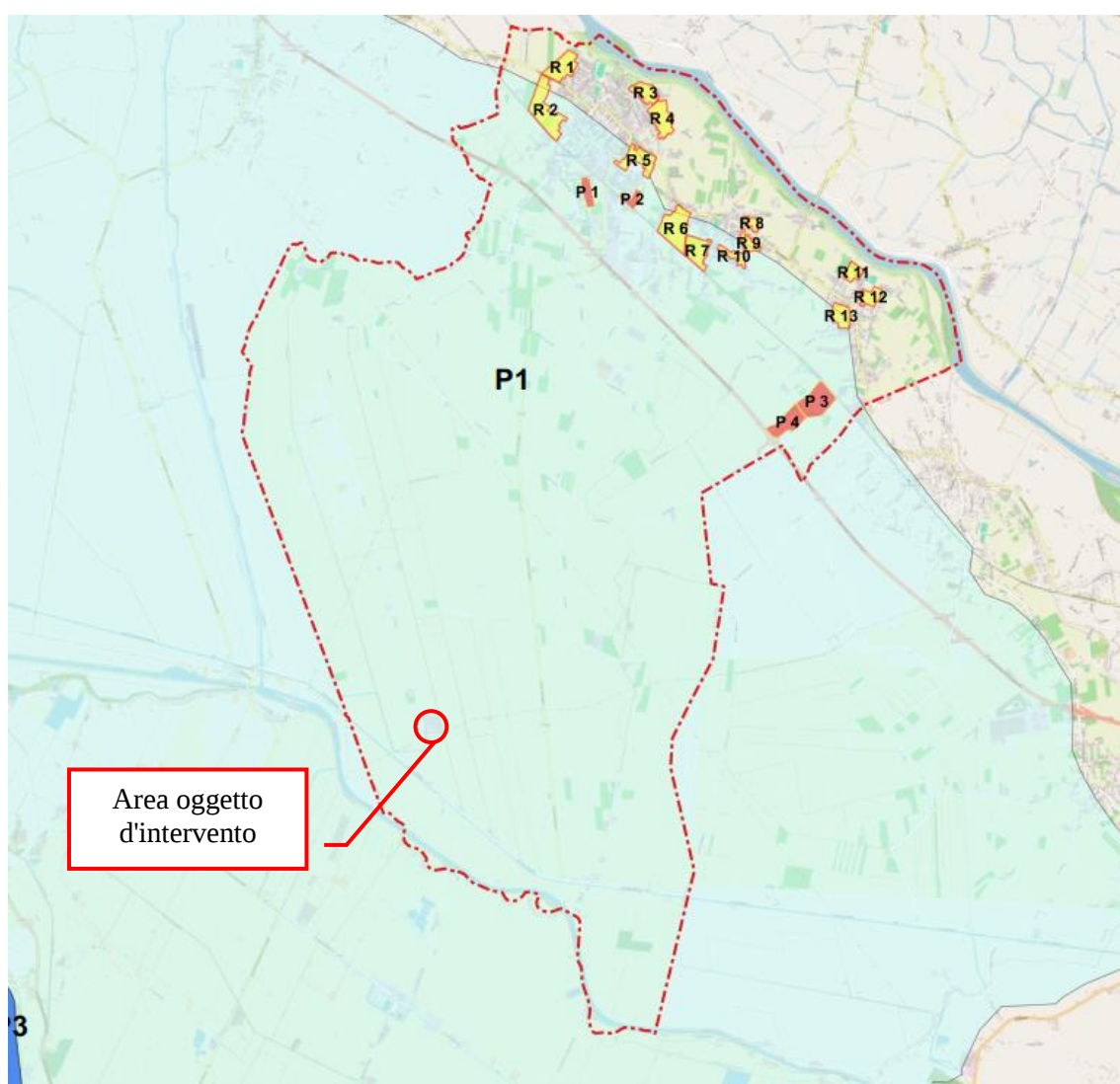
Il Canalbianco, che costituisce l’asse principale del sistema idrografico, è un corso d’acqua artificiale che provvede, da un lato, all’allontanamento delle acque di piena dai laghi di Mantova, e dall’altro, allo scolo e al recapito a mare delle acque del vasto comprensorio tra i fiumi Adige e Po, che soggiace alle piene del fiume.

In destra idrografica i collettori più significativi sono il Cavo Maestro del Bacino Superiore, il sistema Poazzo-Cavo Maestro del Bacino Inferiore e il Collettore Padano Polesano.

In sinistra idrografica scorre il Naviglio Adigetto, canale di derivazione dell'Adige, che si stacca da quest'ultimo vicino a Badia Polesine e si immette nel Canalbianco a Loreo.

Tutte le immissioni in Canalbianco vengono effettuate meccanicamente attraverso l'utilizzo di impianti idrovori.

Come osservabile dalla figura 3.3.2 che riporta lo stralcio relativo alla mappa degli scenari di pericolosità vigente del Piano di Gestione Rischio di Alluvioni (PGRA) del distretto idrografico del Fiume Po si evince che la zona oggetto d'intervento interferisce con la pericolosità P1/L (scenario raro) dell'ambito del Reticolo Principale (RP).



**PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI - Distretto del Fiume Po
MAPPE DI PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE**

Unità di Gestione Po (ITN008)

Ambito territoriale: Reticolo Principale

	RP - P1/L Scarsa probabilità di alluvioni - Tempo di ritorno T=500 anni
	RP - P2/M Media probabilità di alluvioni - Tempo di ritorno T=100-200 anni
	RP - P3/H Elevata probabilità di alluvioni - Tempo di ritorno T=20-50 anni

Figura 3.3.2: Estratto della Tavola n. 11.6 “Carta della pericolosità Consorzio di Bonifica – PAI – PGRA” del Piano degli Interventi (PI) del Comune di Villa Bartolomea con evidenziata l’area in esame e relativa legenda. Il riquadro in rosso evidenzia il grado di pericolosità idraulica riscontrato nel sito in esame.

3.4. IDROGEOLOGIA

Il complesso plio-quaternario, e quindi la copertura alluvionale della zona assiale della Pianura Padana, è caratterizzato dall’alternanza di grosse bancate di sabbia, permeabili, con altre limose-argillose, da poco permeabili a impermeabili.

Il territorio di Villa Bartolomea fa parte di quella porzione di Bassa Pianura compresa tra il Po e l’Adige, la cui situazione idrogeologica è evidentemente legata alla natura dei depositi alluvionali di questi due corsi d’acqua ed ai loro rapporti di sedimentazione: il sottosuolo contiene a differenti profondità, abbondanti falde idriche da tempo sfruttate per soddisfare i fabbisogni potabili, industriali e agricoli. La disponibilità di rilevanti risorse idriche e il loro continuo rinnovamento sono garantiti da una situazione geologica che consente l’infiltrazione e l’immagazzinamento temporaneo delle acque superficiali nel sottosuolo e da condizioni idrogeologiche che assicurano la periodica ricarica degli acquiferi.

Le caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale determinano un corpo idrico costituito da più falde separate: la prima, superficiale, di natura freatica, e le altre in pressione, confinate.

La falda freatica è ospitata in una formazione geologica costituita prevalentemente da depositi sedimentari, in genere, a media/bassa permeabilità, ed alimentato essenzialmente dalle precipitazioni, dagli apporti idrici derivanti dalle perdite della rete dei corsi d’acqua superficiali e dalle infiltrazioni legate alle pratiche irrigue.

Relativamente alla presenza della falda nel sito oggetto di intervento, essa non è stata rilevata durante l’esecuzione della prova penetrometrica dinamica media (DPM). Tuttavia, da dati pregressi di letteratura si evince che la soggiacenza della falda freatica è compresa tra 0 m a 2 m da p.c. Pertanto, la falda idrica nel sito in esame è da considerare, a scopo cautelativo, ad una profondità pari all’incirca 1.0 m dal p.c.. Tale dato è da considerarsi

alquanto approssimativo, in quanto trattasi probabilmente di un livello idrico non perenne e fortemente legato alle precipitazioni meteorologiche.

La direzione di deflusso della falda freatica è diretta da nord-est a sud-ovest, con un basso gradiente idraulico.

È importante sottolineare che il livello della falda freatica è condizionato da molteplici fattori: le precipitazioni, il livello idrometrico dei fiumi, l'andamento della morfologia, ed inoltre la gestione delle acque superficiali effettuata dal consorzio di bonifica, che deve coniugare la sicurezza idraulica del territorio con le esigenze irrigue delle varie colture agricole presenti.

Al di sotto del livello freatico, scendendo in profondità, le falde con carattere di artesianità hanno una maggiore continuità spaziale, e sono caratterizzate, di norma, da un gradiente basso ($\sim 0.2\%$) e un deflusso orizzontale, generalmente verso est.

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E MODELLO GEOLOGICO DI SOTTOSUOLO

Al fine di ricostruire il modello geologico-tecnico di sottosuolo del sito sono state eseguite delle indagini geotecniche e geofisiche ad hoc per questo intervento, consistenti in:

- n° 1 indagine sismica attiva di tipo M.A.S.W.;
- n° 1 indagine sismica passiva di tipo H.V.S.R.;
- n° 1 prova penetrometrica dinamica media (DPM), spinta fino ad una profondità di -5,00 m dal p.c.

Nella figura seguente (Fig. 4.1) è riportata la planimetria di insieme dell'area in esame con l'ubicazione delle indagini.



Figura 4.1: Ubicazione indagini su foto satellitare.

Di seguito vengono riportati esclusivamente i risultati ottenuti dall'esecuzione delle indagini eseguite. Per il report completo si rimanda all'elaborato RE-GEO-002 – Relazione sulle indagini. I dati acquisiti dall'indagine MASW hanno evidenziato un progressivo aumento della velocità di propagazione delle onde di taglio fino ad una profondità di circa 13.50 m oltre la quale si ha un'inversione di velocità fino a 21.4 m senza il raggiungimento del substrato sismico (velocità delle onde s maggiori di 800 m/sec).

In tale contesto è stata utilizzata una profondità fondale pari a 0 m dal p.c., ottenendo dei valori del parametro **V_{seq} pari a 231 m/sec**, come si può evincere dalla colonna sismostratigrafica in fig. 4.2 e di conseguenza i terreni di fondazione rientrano nella **Categoria di sottosuolo di tipo C**: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*.

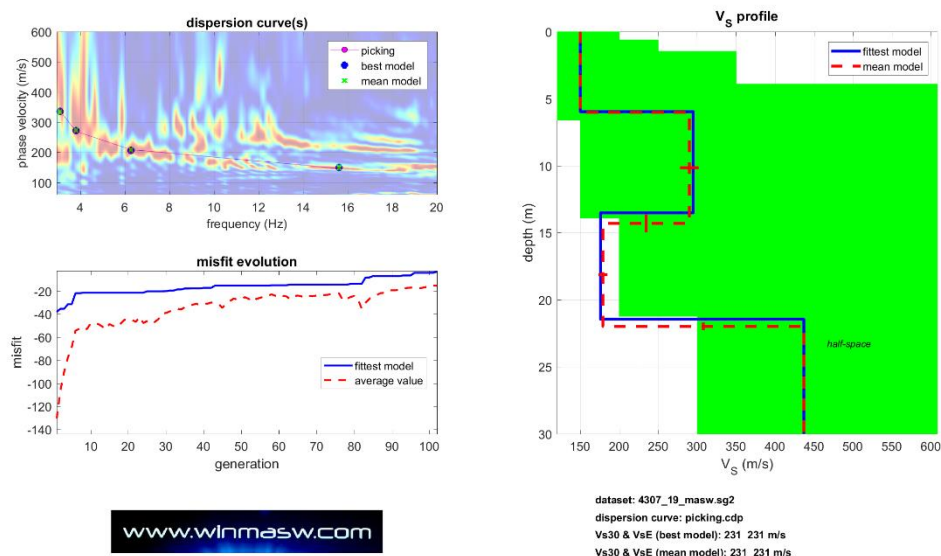


Figura 4.2: In alto a sinistra lo spettro di velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh (immagine di dispersione – over tone image), a destra il modello di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh (modello automatico).

Spessore (m)	Velocità onde di taglio (m/s)
6.00	150
7.50	295
7.90	176
semispazio	437

Tabella I: Andamento dei valori di V_s desunti dalla prova MASW eseguita nell'area in esame.

La prova HVSR, attraverso la misurazione dei microtrempi, ha lo scopo di desumere la frequenza fondamentale dei depositi di terreno e, attraverso il rapporto H/V di desumere l'eventuale presenza del substrato sismico laddove si misura un picco nella curva dovuto ad un contrasto di impedenza acustica considerevole. Di seguito si riporta la curva H/V dalla quale emerge che non si ha un picco nel grafico (H/V , f), nel range di frequenze di interesse (Fig. 4.3).

Il dato sperimentale della prova HVSR non soddisfa completamente i criteri di SESAME in termini di chiarezza del picco H/V .

Il fatto che non ci sia un picco H/V (>2) nel range di frequenze considerate, collima con l'assetto geologico dell'area in quanto si ha una spessa successione di depositi alluvionali che non genera forti contrasti di impedenza acustica, che a loro volta possono generare un picco nel rapporto H/V.

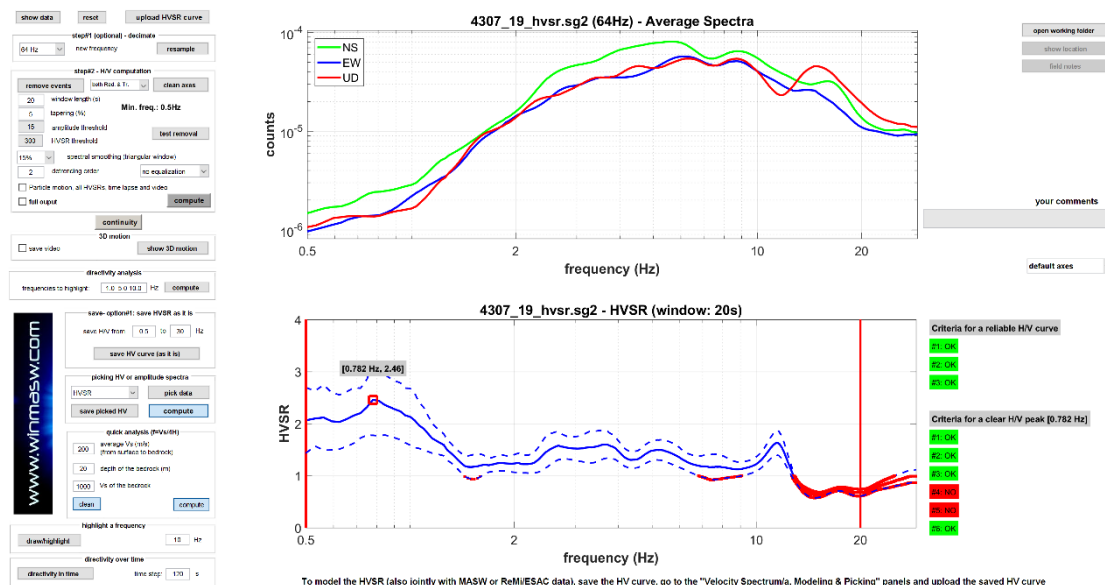


Figura 4.3: Grafico del rapporto H/V da cui emerge la presenza del picco a bassa frequenza.

L'esecuzione della prova penetrometrica dinamica media (DPM) ha permesso invece, in base al calcolo del parametro N_{SPT} , la correlazione con alcuni parametri geotecnici per desumere le caratteristiche di resistenza meccanica dei depositi indagati.

Di seguito viene riportata la tabella con i parametri geotecnici desunti dall'esecuzione della prova DPM per i terreni indagati e le cui correlazioni del parametro N_{SPT} sono state ragionevolmente scelte in funzione della tipologia di terreni (Tab. II):

Descrizione	Profondità (m)	Peso di volume (t/m^3)	Peso di volume saturo (t/m^3)	Modulo di Young (kg/cm^2)	Modulo edometrico (kg/cm^2)	Coesione efficace (kg/cm^2)	Coesione non drenata (kg/cm^2)	Angolo di attrito ($^\circ$)	Classificazione AGI
Copertura	0.00 - 1.00	1.75	1.80	54.00	56.87	0.01	0.34	21	MODERAT. CONSISTENTE
Argilla sabbiosa	1.00 - 3.70	1.70	1.75	29.00	31.37	0.01	0.18	21	POCO CONSISTENTE
Argilla sabbiosa	3.70 - 6.00	1.75	1.80	117.10	121.23	0.03	0.79	23	CONSISTENTE
Argilla sabbiosa	6.00 - 7.00	1.80	1.85	145.40	150.09	0.04	0.98	24	CONSISTENTE

Tabella II: Tabella dei parametri geotecnici rappresentativa del sito in esame.

Inoltre, durante l'esecuzione della prova penetrometrica dinamica media (DPM), non è stata rilevata la presenza di falda. Tuttavia, dall'analisi dei dati bibliografici preesistenti, si evince che

la soggiacenza della falda freatica da 0 m a 2 m da p.c. (Fig. 3.4.1). Pertanto, la falda idrica nel sito in esame è da considerare, a scopo cautelativo, ad una profondità pari all'incirca **1.0 m dal p.c.** Tale dato è da considerarsi alquanto approssimativo, in quanto trattasi probabilmente di un livello idrico non perenne e fortemente legato alle precipitazioni meteorologiche.

5. SISMICITÀ DELL'AREA

5.1. INQUADRAMENTO SISMICO

Nel nuovo modello sismogenetico usato in Italia, la cosiddetta zonazione ZS9, il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D- F). Tale suddivisione è stata operata sulla base di un modello cinematico che sfrutta una serie di relazioni di attenuazione stimate sulla base di simulazioni. Le zone sismogenetiche sono state definite in base a uniformità dello stile deformativo e della relativa congruenza cinematica con il modello deformativo.

Per ogni zona sismogenetica, caratterizzata da una propria sismicità, è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente.

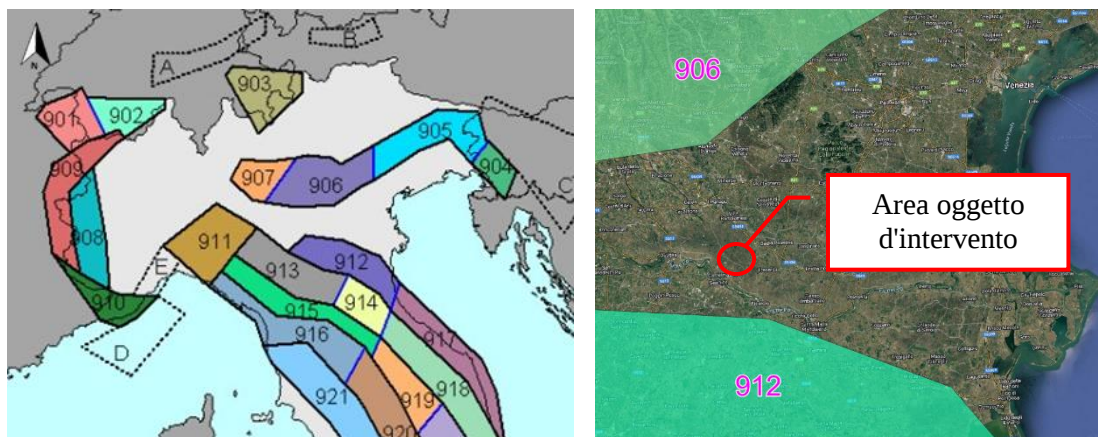


Figura 5.1.1: Zone sismogenetiche d'Italia (zonazione ZS9, da INGV). Stralcio nord Italia e particolare dell'area in studio (cerchio in rosso).

In base alla zonazione sismica ZS9 operata da INGV, il sito in esame non ricade all'interno della zonazione sismogenetica (Fig. 5.1.1). La zona sismogenetica più vicina è la 912, il cui limite dista circa 23 km in direzione Sud.

La figura seguente (Fig. 5.1.2), tratta portale “*Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*” dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riporta lo stralcio della mappa delle sorgenti sismogenetiche individuali in cui sono rappresentate le aree di sorgente sismogenetica. La zona in studio non ricade all’interno di nessuna sorgente sismogenetica.



Figura 5.1.2: Mappa delle fonti sismogenetiche con evidenziata l’area oggetto di intervento - Da INGV, DISS 3, *Database of Individual Seismogenic sources*.

Dal database di osservazioni macrosismiche dei terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno, il comune di Villa Bartolomea (VR) risulta essere censito all’interno di questa banca dati (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/) e vede 4 eventi sismici (Figg. 5.1.3 e 5.1.4).

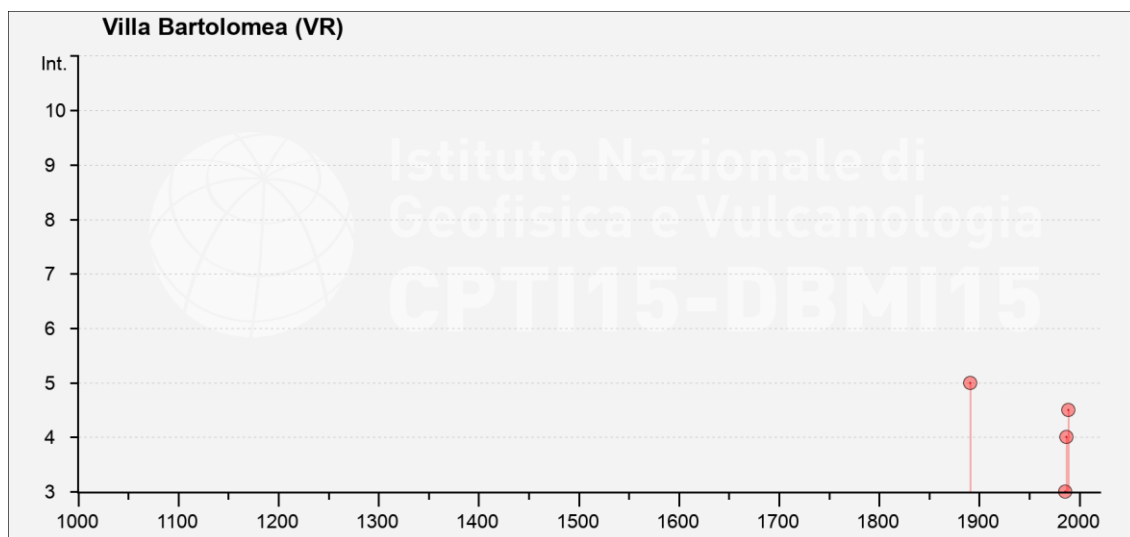


Figura 5.1.3: Diagramma dell’intensità della storia sismica per il territorio comunale di Villa Bartolomea (VR) - Da database macrosismico dei terremoti italiani di INGV, DBMI 15.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	📄 1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3	📄 1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4	📄 1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4-5	📄 1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85

Figura 5.1.4: Elenco dei sismi per il Comune di Villa Bartolomea (VR) - Da database macrosismico dei terremoti italiani di INGV, DBMI 15.

5.2. MAGNITUDO ATTESA

Per l'area in esame è stata stimata la magnitudo attesa con il metodo della disaggregazione di a_g delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV che permette di valutare la combinazione magnitudo-distanza epicentrale più probabile per un dato tempo di ritorno.

Dato che per l'opera in progetto le verifiche vengono eseguite anche per lo stato limite severo SLV (salvaguardia vita), tale disaggregazione è stata calcolata per la condizione $T_R = 475$ anni (10% di superamento in 50 anni).

Il grafico, riportato nella seguente Fig. 5.2.1, è stato desunto dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV, relativamente al punto di maggiore a_g della griglia in cui ricade l'opera. La relativa tabella numerica non è qui riportata, ma può essere consultata online nel sito INGV.

Il contributo massimo è dato da sismi posti tra 20 e 90 km e di magnitudo da 4.0 – 6.5. La magnitudo media prevista con probabilità di superamento del 10% in 50 anni ($T_R = 475$ anni) è di $M = 5.31$. Il parametro ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento devia dal valore mediano predetto da una legge di attenuazione dati M e R .

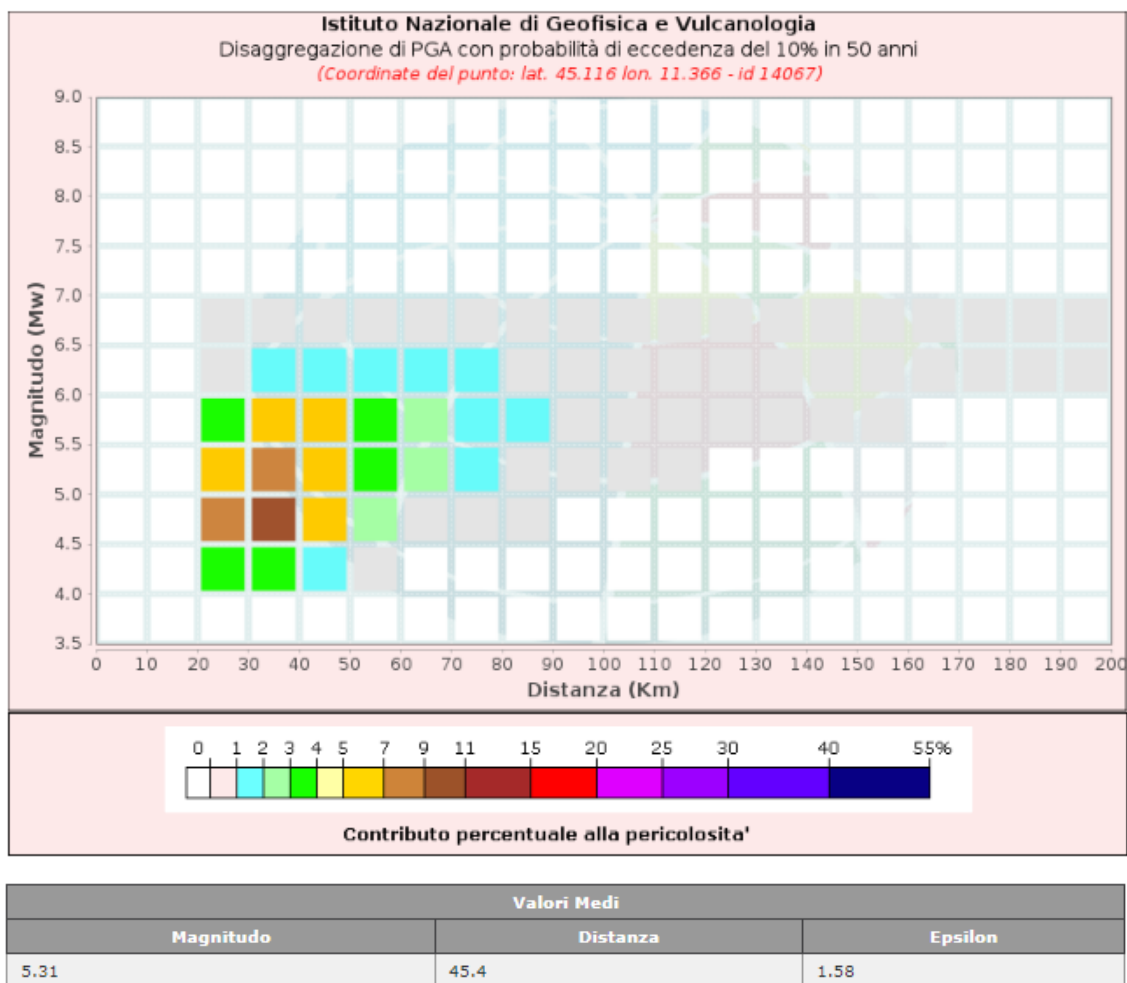


Figura 5.2.1: Disaggregazione Magnitudo-distanza - Da mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV.

6. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il sito ricade nell'ambito del territorio del comune di Villa Bartolomea, classificato in zona 3 come previsto nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione del Consiglio Regionale Veneto n. 67 del 3.12.2003 ed in seguito modificate con la D.G.R. n.244 del 9 marzo 2021.

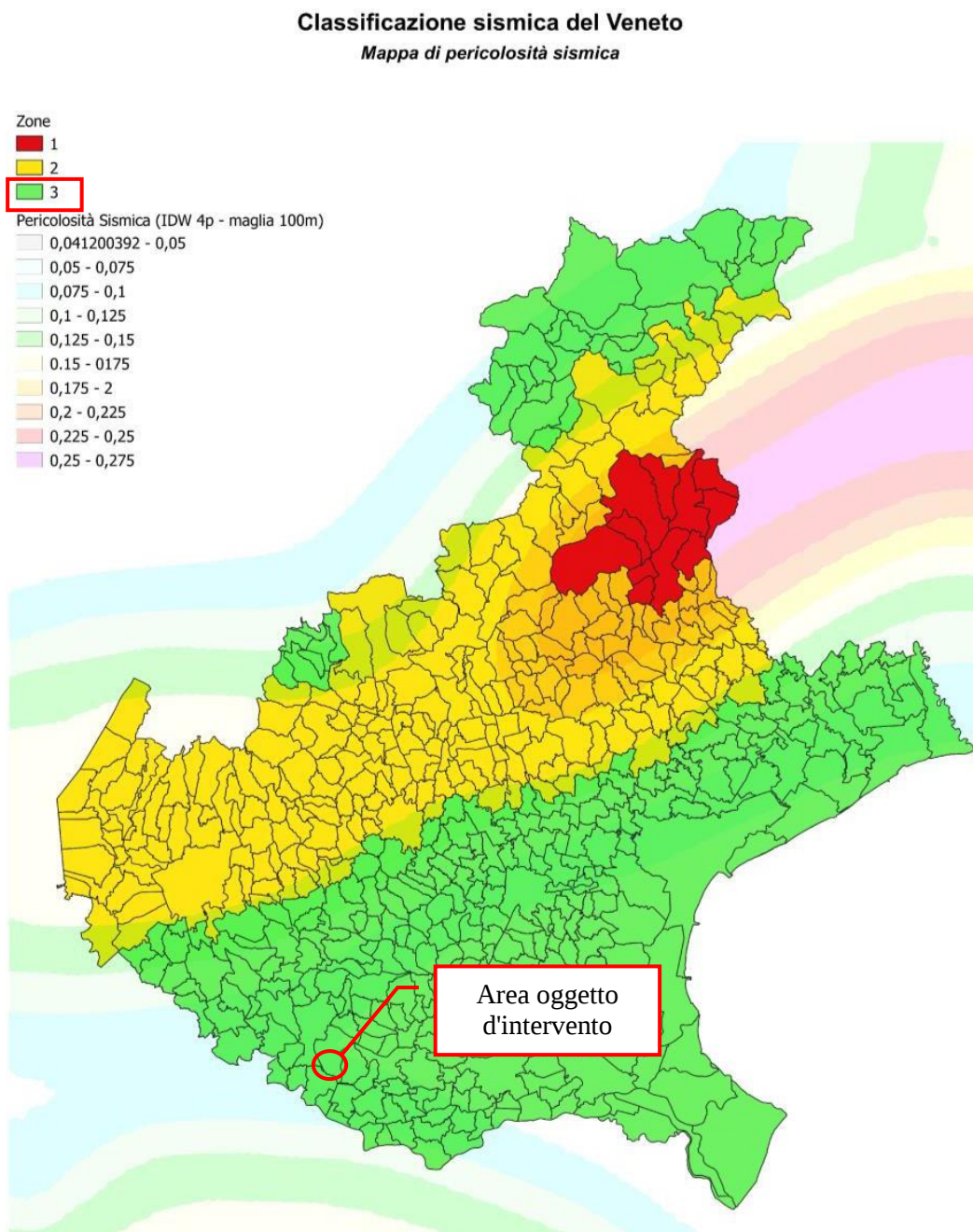


Figura 6.1: Classificazione sismica dei comuni della Regione Veneto (in rosso: area d'intervento). In base alla zonazione INGV “*Pericolosità sismica del territorio nazionale*” (OPCM 28/04/2006 n. 3519) il sito ricade in aree con $a_g = 0.075-0.100g$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè tempo di ritorno 475 anni (Fig. 6.2).

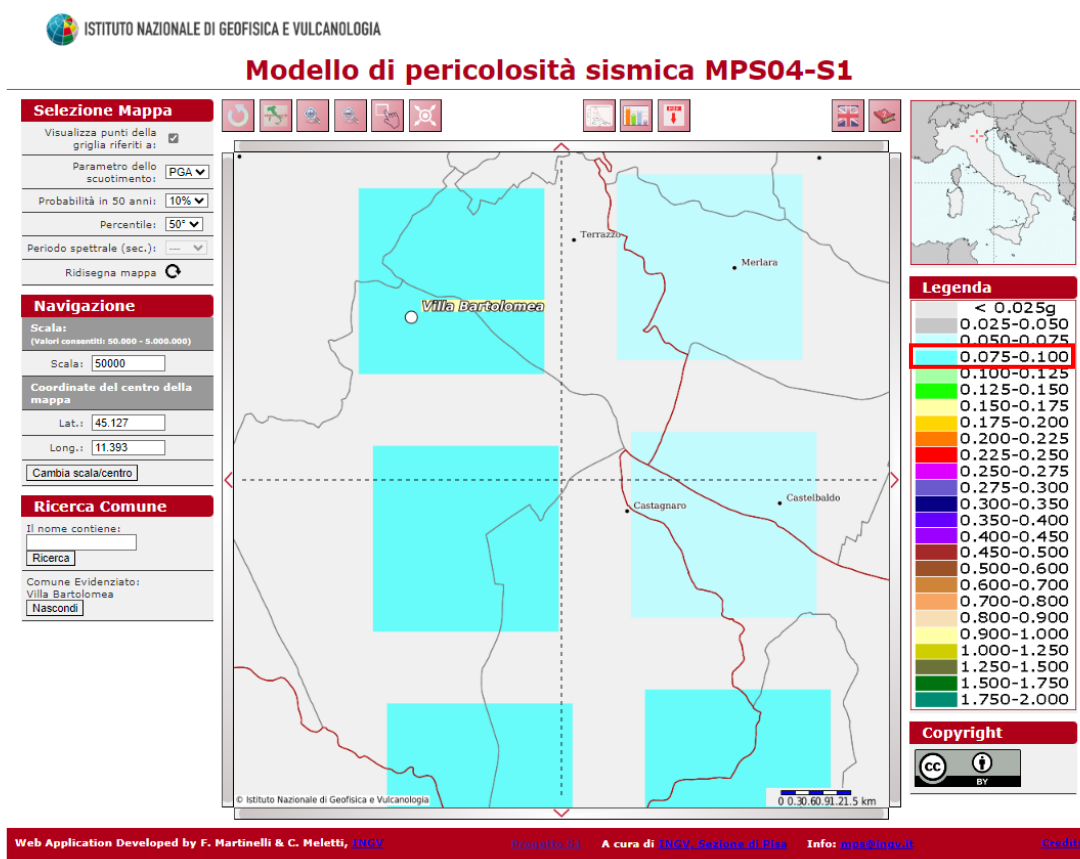


Figura 6.2: Carta di pericolosità sismica (INGV) $T_R = 475$ anni.

Tramite media pesata è possibile in tal modo definire gli spettri di risposta, ai sensi delle NTC 2018, nelle condizioni di sito di riferimento su suolo rigido orizzontale (categoria di terreno A). I valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* sono indicati per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per diversi tempi di ritorno T_R , essendo:

- a_g = accelerazione orizzontale massima;
- F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Qualora la pericolosità sismica del sito sia relativa ad un periodo di riferimento diverso da quelli forniti dalle NTC 2018, i vari parametri vengono calcolati per interpolazione.

Sulla base del programma di calcolo *Spettri-NTC ver. 1.0.3*, messo a disposizione dal Ministero dei L.L. P.P. e tramite il software *Geostru PS Advanced*, l'interpolazione dei valori del grigliato nazionale ha permesso di definire i parametri sismici di base e i relativi spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento.

Per il calcolo dei parametri sismici nell'ambito del territorio in cui ricade il sito di progetto, stanti le caratteristiche di relativa omogeneità degli stessi, si è fatto riferimento ai dati forniti dal sopracitato programma per il Comune di Villa Bartolomea.

Per tale comune i parametri sismici di base, sia per la condizione di stato limite di danno SLD ($T_R = 101$ anni) che di stato limite salvaguardia vita SLV ($T_R = 949$ anni), sono definiti dalla figura 6.4.

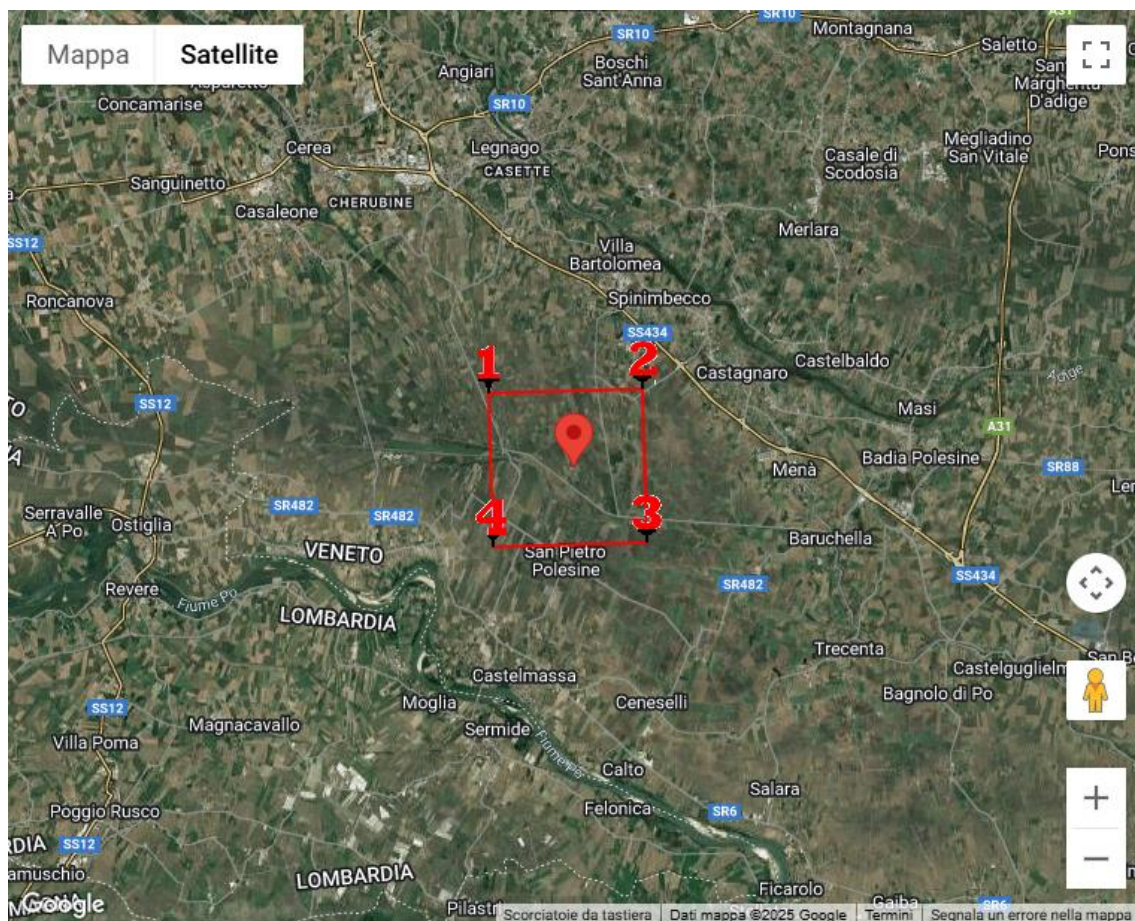
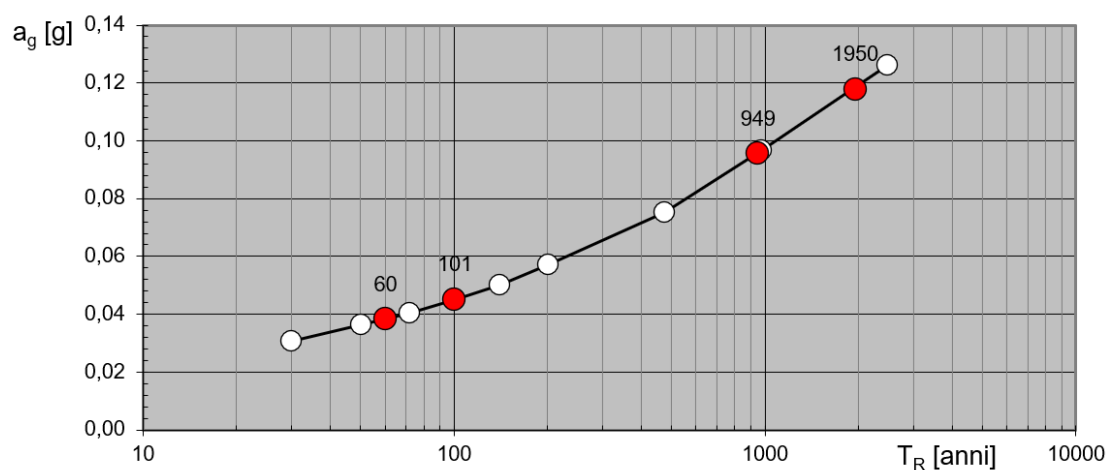


Figura 6.3: Ubicazione del sito nel reticolo INGV (coordinate del sito in esame ED50 – Lat.: 45.090675; Long.: 11.335042).

Classe d'uso dell'opera: IV - Vita nominale: 50 anni - Cat. Sottosuolo C - Cat. Topografica T1									
PARAMETRI INDIPENDENTI					PARAMETRI DIPENDENTI				
	SLO	SLD	SLV	SLC		SLO	SLD	SLV	SLC
P _{VR}	81%	63%	10%	5%	Se (T)	0.057	0.068	0.143	0.177
Tr	60	101	949	1950	Tb	0.146	0.155	0.170	0.172
a _g	0.038	0.045	0.096	0.118	Tc	0.437	0.464	0.510	0.516
					Td	1.753	1.780	1.983	2.071
					Se (T) max	0.148	0.174	0.373	0.463
F0	2.576	2.567	2.598	2.624	Cc	1.617	1.570	1.499	1.490
					St	1.000	1.000	1.000	1.000
					Ss	1.500	1.500	1.500	1.500
T _c *	0.270	0.295	0.340	0.346	S	1.500	1.500	1.500	1.500

Figura 6.4: Parametri sismici di base per diversi tempi di ritorno.

Di seguito, in figura 6.5 si riportano i valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione del periodo di ritorno e in figura 6.6 gli spettri di risposta elastici per diversi stati limite.



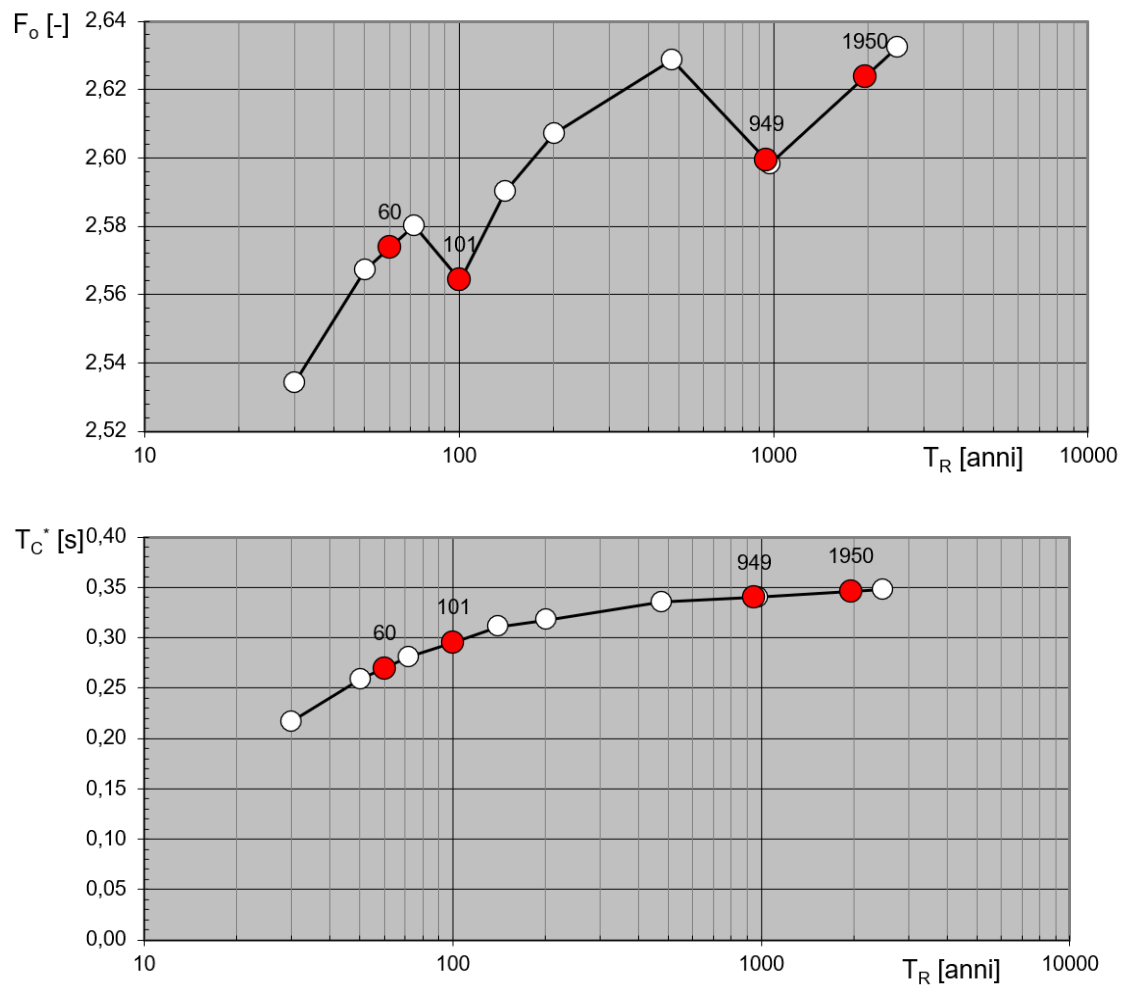


Figura 6.5: Valori di progetto dei parametri a_g , F_o e T_c^* .

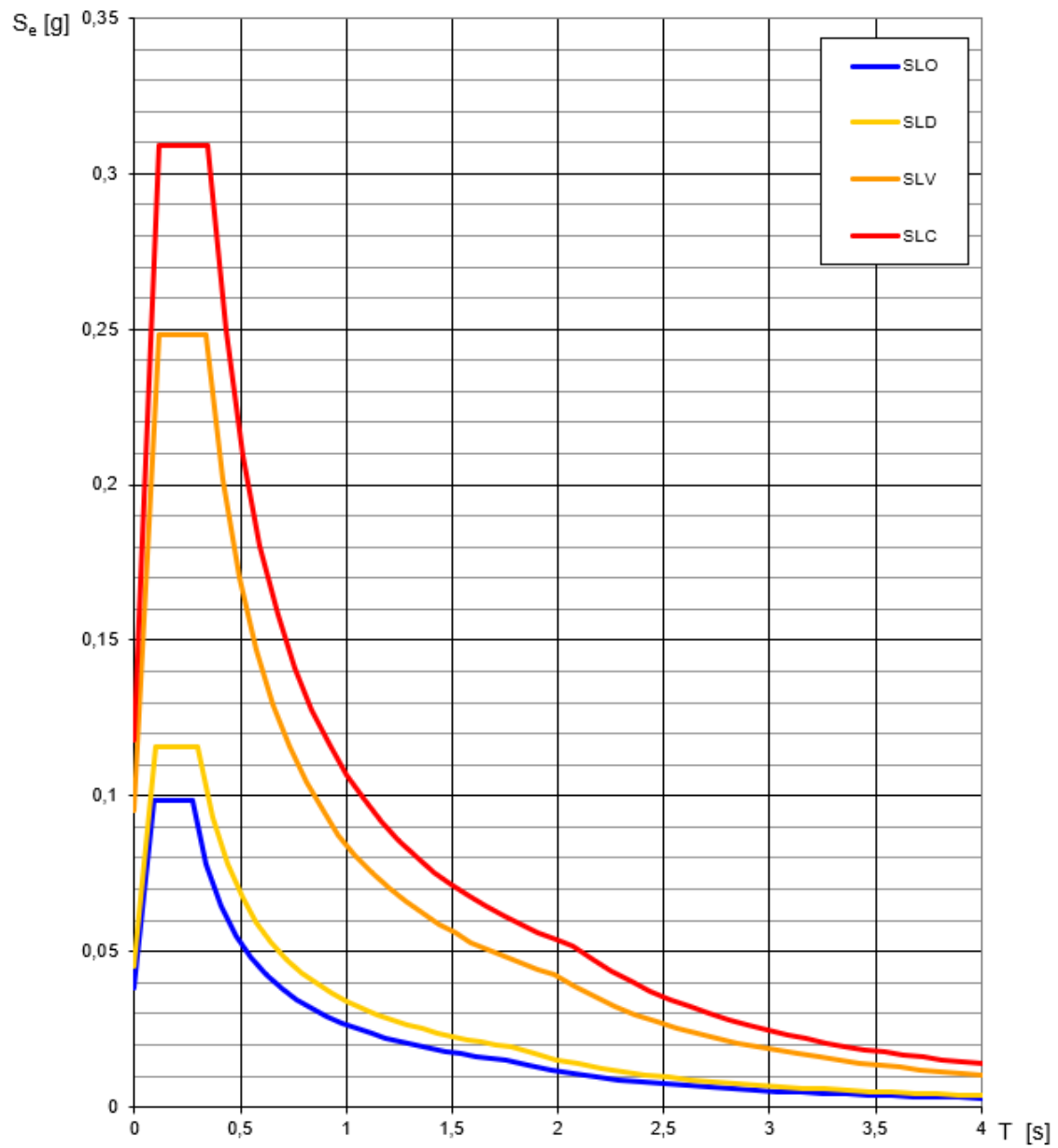


Figura 6.6: Spettri di risposta elastici per diversi stati limite.

7. PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE CON METODO SEMPLIFICATO

La risposta sismica locale è l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite per effetti morfologici o subite trasmettendosi dal substrato rigido attraverso le coperture.

Nel D.M. 14 Gennaio 2018 viene evidenziato che *“ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi di risposta sismica locale”*.

In mancanza di tali analisi, le norme NTC prevedono che la risposta sismica locale possa essere calcolata attraverso il metodo semplificato, basato sulla determinazione della categoria di sottosuolo e dei relativi coefficienti topografico e stratigrafico del sito su cui sorge l'opera.

La forma spettrale su sottosuolo rigido di categoria A viene in tal modo modificata in funzione di tali coefficienti che intervengono nel calcolo dei diversi rami dello spettro e che variano in dipendenza della categoria di sottosuolo.

Tali coefficienti parziali vengono determinati nel seguente modo.

S_t = coefficiente di amplificazione topografica

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Categoria di sottosuolo	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s	Coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,20$	$1,10 (T'_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,50$	$1,05 (T'_c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,80$	$1,25 (T'_c)^{-0,50}$

Il coefficiente globale di amplificazione è pari al prodotto del coefficiente di amplificazione stratigrafica con quello di amplificazione topografica:

$$S = S_s \times S_t$$

Ai fini della valutazione della risposta sismica locale le opere in progetto sono state così valutate:

- Tipo di costruzione (v. Tab. 2.4.I delle NTC 2018): 2, *Costruzioni con livelli di prestazione ordinari*;
- Classe d'uso: IV (v. NTC 2008 2.4.2): *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti*;
- Coefficiente d'uso (v. Tab. 2.4.II delle NTC 2018): $C_u = 2$;
- Vita nominale: 50 anni;
- Vita di riferimento V_R : 100 anni.

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 7.1: Probabilità di superamento per i vari stati limite (Tab. 3.2.I delle NTC 2018).

Il tempo di ritorno è legato alla probabilità di superamento dalla relazione seguente:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Poiché è $V_R = 100$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

Figura 7.2: Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R .

A seguito dei calcoli è stato possibile valutare quantitativamente l'amplificazione sismica per ciascuno stato limite di riferimento ai sensi del vigente D.M. 17/01/2018 (*Norme Tecniche sulle Costruzioni*), mediante l'utilizzo del foglio di calcolo ministeriale rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (Foglio di calcolo Spettri v. 1.0.3).

8. EFFETTI SISMOINDOTTI

8.1. GENERALITÀ

Gli eventuali effetti conseguenti a un evento sismico sono riconducibili ai seguenti casi:

- instabilità di versante in presenza di pendii instabili o potenzialmente instabili;
- liquefazione del terreno in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna;
- cedimenti dovuti a densificazione di terreni granulari poco addensati e terreni coesivi poco consolidati;
- cedimenti/spostamenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche (zone di contatto tra materiali diversi, zone di faglia attiva, ecc.) o in presenza di cavità sotterranee.

In relazione all'area in oggetto si osserva che, essendo essa del tutto pianeggiante, il rischio di fenomeni franosi non sussiste.

Per quanto riguarda spostamenti dovuti a faglie attive, dal catalogo ITHACA del Servizio Geologico d'Italia si osserva che il sito non è interessato direttamente.

In merito al rischio di liquefazione e correlati cedimenti post-sismici del terreno, nel successivo paragrafo 8.2, si sono analizzate le condizioni del sito per verificare la sussistenza o meno del rischio di liquefazione.

8.2. SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEL TERRENO

La liquefazione è un fenomeno di riduzione della resistenza al taglio del terreno dovuto all'incremento della pressione interstiziale che si può verificare in terreni granulari saturi, inducendo:

- deformazioni permanenti significative;
- condizioni di tensioni efficaci pressoché nulle con conseguente perdita di resistenza al taglio.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- a) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- b) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- c) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica dinamica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure resistenza penetrometrica statica normalizzata $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- d) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 8.2.1 delle NTC 2018 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 8.2.2 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

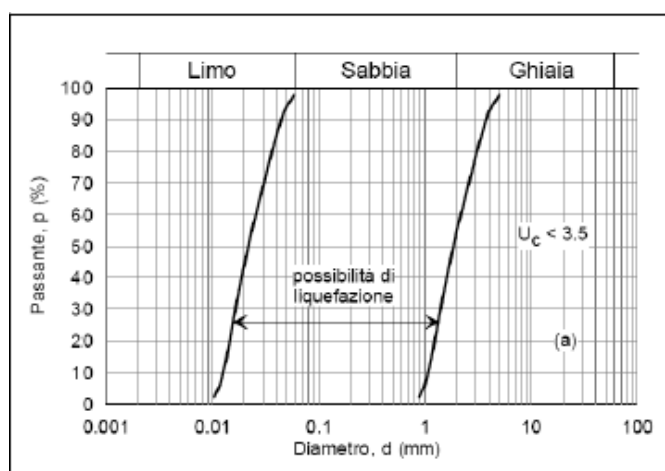


Figura 8.2.1: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$.

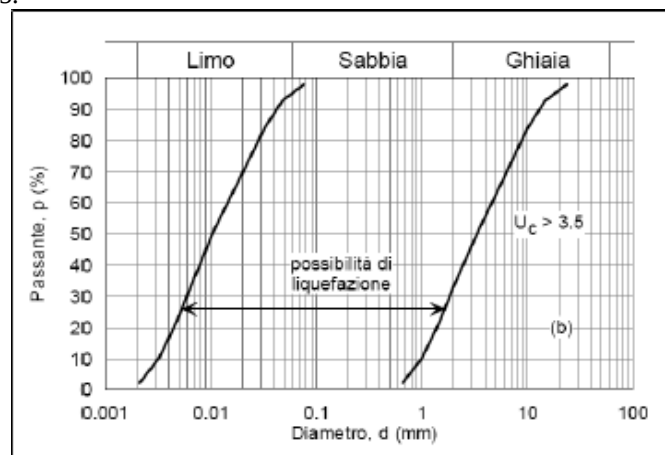


Figura 8.2.2: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

Nel caso in studio è stata effettuata una verifica a liquefazione con il software Liquiter della Geostru utilizzando il metodo di Finn (1985) che ha bisogno come dato di input esclusivamente

la categoria topografica e il valore di N_{spt} ; tale verifica ha evidenziato fattori di sicurezza superiore a $F_s=1,25$ e pertanto terreni non suscettibili a liquefazione (Fig. 8.2.3). Di seguito i tabulati di calcolo.

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: MET.: ALL. BIOMETANO SOC.AGR.BMZ DN 100 (4") –75 bar

Codice identificativo 4307/19

Cliente: SNAM RETE GAS S.P.A.

Data 13/05/2025

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 1 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.096

Fattore amplificazione 2.598

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5	
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1	
Magnitudo momento sismico (M_w)	5.26	
Distanza epicentro	39.9	Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.144	

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	ARGILLA SABBIOSA	0	3.7	17	17.5	2.9	0	568.78	0	150
2	ARGILLA SABBIOSA	3.7	6	17.5	18	11.71	0	2296.71	0	150
3	ARGILLA SABBIOSA	6	7	18	18.5	14.54	0	2851.77	0	295

Tokimatsu-Yoshimi (1983)

Strato Nr.

1-ARGILLA SABBIOSA

2-ARGILLA SABBIOSA

Consistenza terreno

Mediamente sciolto

Mediamente denso

	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Coefficiente correttivo (rn)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs
1	1.20	20.500	18.539	0.982	0.426	0.136	0.043	3.15
2	1.40	24.000	20.077	0.979	0.426	0.135	0.047	2.90
3	1.60	27.500	21.616	0.976	0.426	0.135	0.050	2.72
4	1.80	31.000	23.155	0.973	0.426	0.134	0.052	2.58
5	2.00	34.500	24.693	0.970	0.426	0.133	0.054	2.47
6	2.20	38.000	26.232	0.967	0.426	0.133	0.056	2.38
7	2.40	41.500	27.771	0.964	0.426	0.132	0.057	2.30
8	2.60	45.000	29.309	0.961	0.426	0.132	0.059	2.24
9	2.80	48.500	30.848	0.958	0.426	0.131	0.060	2.18
10	3.00	52.000	32.387	0.955	0.426	0.130	0.061	2.13
11	3.20	55.500	33.925	0.952	0.426	0.130	0.062	2.09
12	3.40	59.000	35.464	0.949	0.426	0.129	0.063	2.06
13	3.60	62.500	37.003	0.946	0.426	0.129	0.064	2.02
14	3.80	66.050	38.591	0.943	0.426	0.629	0.064	9.77
15	4.00	69.650	40.230	0.940	0.426	0.593	0.065	9.14
16	4.20	73.250	41.869	0.937	0.426	0.561	0.065	8.58
17	4.40	76.850	43.507	0.934	0.426	0.532	0.066	8.08
18	4.60	80.450	45.146	0.931	0.426	0.505	0.066	7.63
19	4.80	84.050	46.785	0.928	0.426	0.481	0.066	7.23

20	5.00	87.650	48.423	0.925	0.426	0.459	0.067	6.87
21	5.20	91.250	50.062	0.922	0.426	0.438	0.067	6.54
22	5.40	94.850	51.701	0.919	0.426	0.420	0.067	6.24
23	5.60	98.450	53.339	0.916	0.426	0.403	0.067	5.97
24	5.80	102.050	54.978	0.913	0.426	0.387	0.068	5.73
25	6.00	105.650	56.617	0.910	0.426	0.373	0.068	5.50
26	6.20	109.350	58.355	0.907	0.426	0.783	0.068	11.56
27	6.40	113.050	60.094	0.904	0.426	0.740	0.068	10.91
28	6.60	116.750	61.833	0.901	0.426	0.700	0.068	10.32
29	6.80	120.450	63.571	0.898	0.426	0.664	0.068	9.78
30	7.00	124.150	65.310	0.895	0.426	0.630	0.068	9.29
31	6.20	109.850	109.850	0.907	0.426	0.165	0.036	4.55
32	6.40	113.550	113.550	0.904	0.426	0.162	0.036	4.48
33	6.60	117.250	117.250	0.901	0.426	0.159	0.036	4.42
34	6.80	120.950	120.950	0.898	0.426	0.156	0.036	4.36

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso



<P5.01>
<P5.02>
<P5.03>
<P5.04>

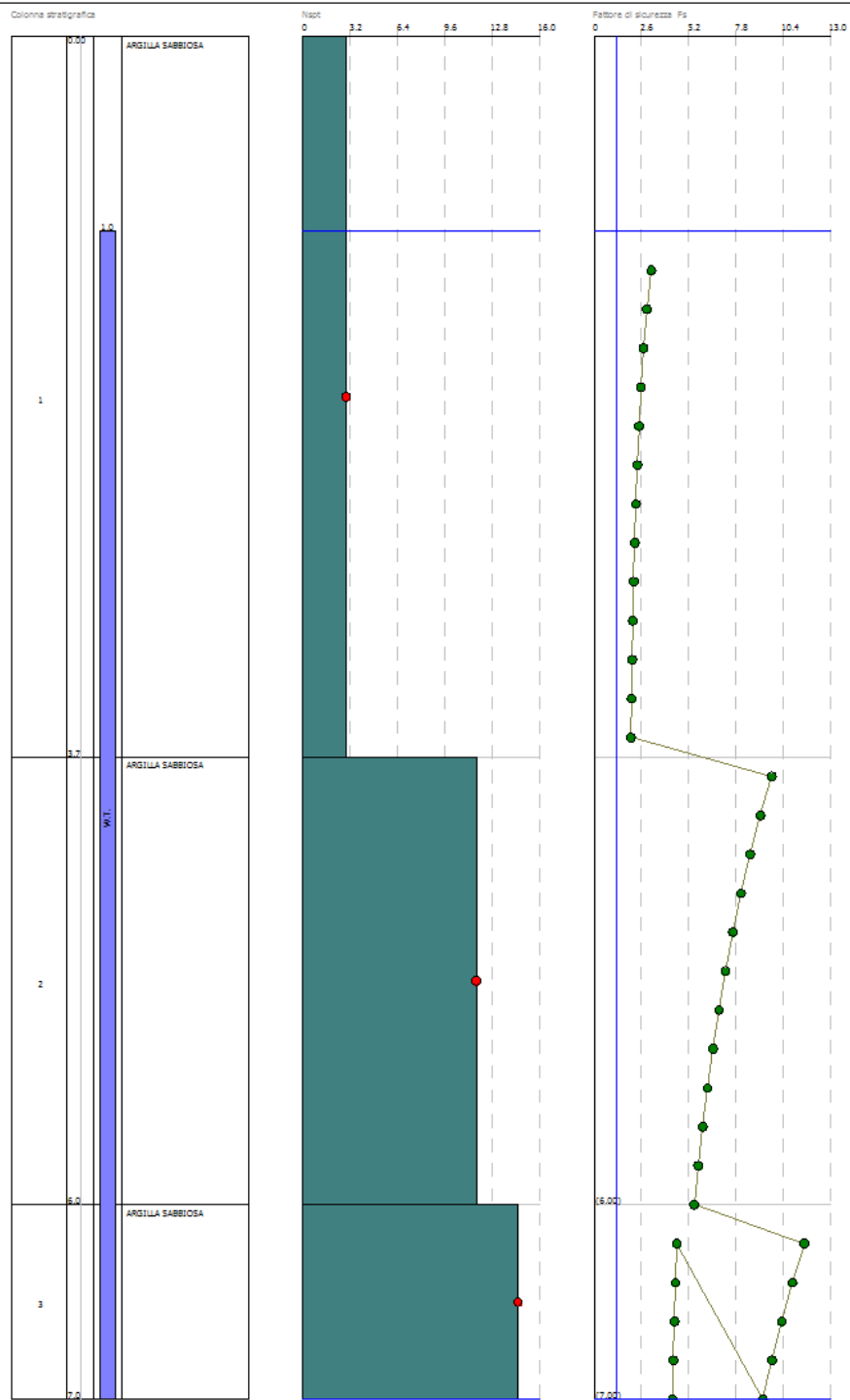


Figura 8.2.3 – Grafico riportante i fattori di sicurezza a liquefazione (Fs)

9. CONSIDERAZIONI TECNICHE E CONCLUSIONI

È stato eseguito uno studio geologico per il progetto inerente alla realizzazione un nuovo metanodotto denominato “*Allacciamento Biometano Soc. Agr. BMZ DN 100 (4”) - 75 bar*”, nel comune di Villa Bartolomea (VR).

Tali interventi prevedono la realizzazione di un edificio monopiano in c.a., ad uso telecomando e telemisure, allo scopo di contenere apparecchiature per il controllo della qualità del gas immesso nella rete.

In riferimento a quest’ultima struttura in c.a., allo scopo di verificare le caratteristiche litologiche del sottosuolo e le caratteristiche idrologiche e morfologiche dell’areale di intervento, è stato approntato uno studio geologico - tecnico i cui risultati sono stati discussi in precedenza. Lo studio è stato articolato come segue:

- Studio topografico;
- Analisi ortofoto;
- Ricerche bibliografiche e cartografiche;
- Analisi delle indagini geognostiche realizzate in loco.

Dalla cartografia del PAI e del PGRA, si evince che il sito interessato dai lavori risulta perimetrato da areali soggetti ad una pericolosità P1/L (scenario raro) dell’ambito del Reticolo Principale (RP) del PGRA del Distretto Idrografico del Fiume Po.

I terreni di sedime, seppure sottofalda, non risultano liquefacibili in quanto sottoposti a verifica ai sensi della NTC 2018 hanno evidenziato fattori di sicurezza $F_s > 1,25$.

L’analisi degli elementi geomorfologici, geolitologici, idrogeologici, strutturali e geotecnici discussi in precedenza, ha fornito un quadro sufficientemente chiaro sul grado di equilibrio geostatico posseduto dalle aree interessate dai lavori in progetto, aree che risultano idonee ad accogliere le opere in progetto.

In generale, lo studio svolto non ha evidenziato fenomeni d’instabilità che possono penalizzare i lavori in oggetto.

Si rammenta, infine, di osservare le normative regionali (D.G.R. n°378 del 30 marzo 2021) e nazionali (D.M. 17/01/2018 “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*”) vigenti in materia geotecnica e sismica.